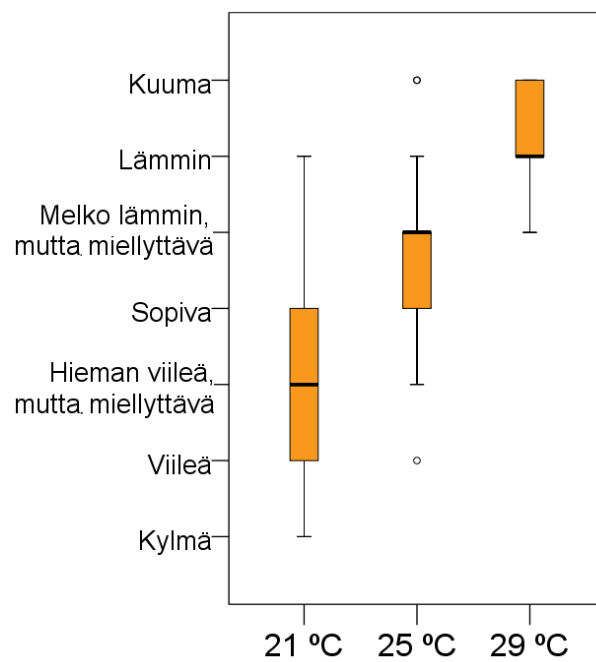


## Lämpötilan vaikutus työsuoriutumiseen toimisto-olosuhteissa - laboratoriotutkimus

Henna Häggblom, Valtteri Hongisto, Annu Haapakangas ja  
Hannu Koskela



Sisäympäristölaboratorio, Turku  
Työterveyslaitos, Helsinki, 2011



## JULKAISUN TIEDOT

Julkaisun nimi:	Lämpötilan vaikutus työsuoriutumiseen toimisto-olosuhteissa - laboratoriotutkimus
Toimittajat:	-
Kirjoittajat:	Henna Häggblom, Valtteri Hongisto, Annu Haapakangas, Hannu Koskela
Julkaisun kieli:	suomi
ISBN numerot:	BOOK ISBN 978-952-261-109-3, PDF ISBN 978-952-261-110-9
Kustantaja:	Työterveyslaitos, Helsinki
Julkaisuaika:	Elokuu 2011
Sivuja:	42
Tutkimusprojekti:	TOTI - Käyttäjälähtöiset toimistotilat Työpaketti 1
Rahoittajat:	Tekes, 15 yritystä
Toteuttaja:	Sisäympäristölaboratorio, Turku
Projektitiedot:	31604, 9/2009 – 6/2012
Luottamuksellisuus:	julkinen
Tieteellinen viite:	Häggblom H, Hongisto V, Haapakangas A, Koskela H (2011), Lämpötilan vaikutus työsuoriutumiseen toimisto-olosuhteissa - laboratoriotutkimus, sisäympäristölaboratorio, Turku, Työterveyslaitos, Helsinki.

## TIIIVISTELMÄ

Tavoitteena oli selvittää lämpötilojen 21 °C, 25 °C ja 29 °C vaikutus kognitiiviseen työsuoriutumiseen ja lämpöviihtyvyyteen toimistotiloissa.

Kaikkiaan 35 (21 naista ja 14 miestä) koehenkilöä osallistui tutkimukseen. Tutkimus toteutettiin toimistolaboratoriossa, jossa tutkittiin 6 henkilöä kerrallaan. Työsuoriutumista mitattiin objektiivisesti kahdella kognitiivisella testillä. Lämpöviihtyvyyttä ja itsearvioitua työsuoriutumista mitattiin kyselyillä. Koehenkilöt tekivät samat tehtävät ja kyselyt kolmessa eri lämpötilanteessa kolmena eri päivänä. Jokainen koetilanne kesti 2 tuntia. Koehenkilöiden vaatetusta ja aktiivisuustasoa kontrolloitiin.

Lämpötila vaikutti suoriutumiseen työmuistitehtävässä ( $p < .001$ ). Virheiden määrä oli merkitsevästi suurempi korkeimmassa lämpötilassa kuin kahdessa alemmassa. Pitkäkestoisen muistin tehtävässä lämpötila ei vaikuttanut työsuoriutumiseen.

Koehenkilöt arvioivat työsuoriutumisensa merkitsevästi heikommaksi korkeimmassa lämpötilassa. Lämpöviihtyvyys muuttui merkitsevästi kaikkien koetilanteiden välillä ( $p < .001$ ). Sukupuolten väliset erot lämpöviihtyvyyteen olivat merkitseviä ( $p < .01$ ). Naiset kokivat kaksi alinta lämpötilaa viileämpinä kuin miehet vaikka vaatteiden lämmöneristävyys oli vakioitu. Lämpötila vaikutti myös motivaatioon ja energiatasoon ( $p < .001$ ) siten, että paras tulos saavutettiin lämpötilassa 21°C.

Lämpötilalla on vaikutusta työsuoriutumiseen. Lämpöolosuhteiden suunnittelemisen optimialueelle on siten tärkeää toimistotyön suorittamisen kannalta. Lämpötila näyttäisi kuitenkin vaikuttavan eri tehtäviin eri tavoin. Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää myös muiden tehtävätyyppien herkkyyttä lämpötilalle.

## DESCRIPTION OF THE PUBLICATION

Title: The effect of temperature on work performance in offices - laboratory experiment

Editors: -

Authors: Henna Häggblom, Valtteri Hongisto, Annu Haapakangas, Hannu Koskela

Toimipaikka: Indoor Environment Laboratory, Turku

Language: Finnish

ISBN numbers: BOOK ISBN 978-952-261-109-3,  
PDF ISBN 978-952-261-110-9

Publisher: Finnish Institute of Occupational Health

Publishing time: August, 2011

Pages: 42

Project: TOTI - User-oriented office spaces  
Work Package 1

Financiers: Tekes, 15 companies

Project number: 31604, 9/2009-6/2012

Restrictions: for public use

Scientific note: Häggblom H, Hongisto V, Haapakangas A, Koskela H (2011), The effect of temperature on work performance in offices - laboratory experiment, Indoor Environment Laboratory, Turku, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland.

## ABSTRACT

The aim of the study was to assess how the temperature (21°C, 25°C and 29°C) affects cognitive performance and thermal comfort during office work.

Altogether, 35 participants (21 female and 14 male) were tested in an office laboratory containing six workstations. The subjects were exposed to the three temperatures on three separate days. The exposure lasted 2 hours. Clothing insulation and activity level were controlled. Performance was measured objectively with two cognitive tests. Thermal comfort and subjective performance ratings were assessed with questionnaires.

Working memory performance was affected by temperature ( $p < .001$ ). The error rates were significantly higher in 29°C than in 25°C and 21°C. There were no significant differences between 21°C and 25°C. Performance in long-term memory task was not affected by temperature. Self-ratings of the effect of room temperature on performance were in conformance with the working memory performance.

The differences in thermal comfort were statistically significant between all temperatures ( $p < .001$ ). An interaction between gender and thermal comfort was observed ( $p < .01$ ), showing that women experienced the thermal environments of 21°C and 25°C significantly colder than men, despite similar clothing. Effects on motivation and energy levels were also observed ( $p < .001$ ) with the best results obtained in 21°C.

Temperature has an effect on work performance. However, the effect seems to depend on task demands. Future experiments should include cognitively different tasks which predict the performance during office work.

## SISÄLLYSLUETTELO

<i>1 Tausta ja tavoite</i> .....	7
<i>2 Menetelmät</i> .....	11
<b>2.1 Koehenkilöt</b> .....	11
<b>2.2 Laboratorio ja tutkimusolosuhteet</b> .....	11
<b>2.3 Tutkimusasetelma ja koetilanteiden kulku</b> .....	13
<b>2.4 Tutkittujen lämpötilojen valintaperusteet</b> .....	14
<b>2.5 Koetilanteiden lämpöolojen rakentaminen</b> .....	15
<b>2.6 Kyselyt</b> .....	15
<b>2.7 Työsuoriutumista mittaavat tehtävät</b> .....	17
<b>2.8 Tilastolliset menetelmät</b> .....	18
<i>3 Tulokset</i> .....	19
<b>3.1 Koettu sisäympäristö</b> .....	19
<b>3.2 Oireet ja itsearvioitu vaikutus työsuoriutumiseen</b> .....	23
<b>3.3 Työsuoriutuminen</b> .....	25
<i>4 Pohdinta</i> .....	27
<b>4.1 Lämpöviihtyvyys</b> .....	27
<b>4.2 Työsuoriutuminen</b> .....	27
<i>5 Kiitokset</i> .....	29
<i>Kirjallisuus</i> .....	30
<i>Liite 1. PMV- ja PPD -malli</i> .....	31
<b>L1.1. Menetelmät</b> .....	31
<b>L1.2. Tulokset</b> .....	32
<b>Pohdinta</b> .....	33
<i>Liite 2. Alkukysely</i> .....	35
<i>Liite 3. Loppukysely</i> .....	37



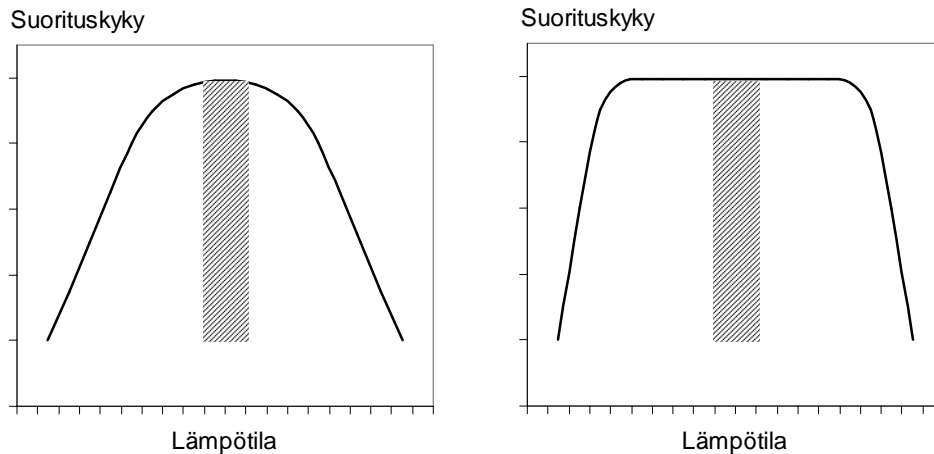
## 1 TAUSTA JA TAVOITE

Merkittävä osa toimistotyöpaikkojen sisäympäristöön liittyvistä valituksista liittyy lämpöoloihin. Väärin toteutettu lämpöympäristö heikentää lämpöviihtyvyyttä ja vaikuttaa edellytyksiin suoriutua työtehtävistä. Huono työympäristö aiheuttaa yritykselle lisäkustannuksia esim. sairaspoissaolojen, henkilöstön vaihtuvuuden sekä heikompien työtulosten vuoksi. Toimitiloissa vuokratkustannukset ovat huomattavasti pienempiä kuin henkilöstökustannukset. Huono työympäristö voi siksi tulla organisaatiolle kalliimmaksi kuin paremman sisäympäristön aiheuttamat lisäkustannukset vuokrissa (Wargocki and Seppänen, 2007).

Lämpöolojen fysiologiset vaikutukset ihmiskehoon tunnetaan hyvin. Ihmisen lämmönsäätelyjärjestelmän tarkoitus on ylläpitää kehon sisäosien lämpötila mahdollisimman tasaisena (noin 37 °C). Ympäristön lämpötila vaikuttaa fysiologisiin toimintoihin, kuten hikoiluun ja kehon pinta- sekä sisäosien lämpötilan säätelyyn. Näitä vaikutuksia pystytään nykytiedon valossa mallintamaan ja ennustamaan hyvin.

Lämpötilojen vaikutusta ihmisen suoriutuskykyyn (esim. kognitiivisiin toimintoihin) on myös tutkittu, mutta näistä vaikutuksista ei ole vielä saatu kattavaa ja selvää kuvaa. Lämpötilan ja suoriutumisen suhdetta on perinteisesti selitetty *vireystilamallin* kautta eli ylösalaisin käännetyn U-kirjaimen muotoisella käyrällä (Yerkes-Dodson, 1908; Kuva 1.1). Mallissa oletetaan, että lämpötila vaikuttaa vireystilaan ja vireystila puolestaan suoriutumiseen. Vireystilan (ja lämpötilan) ollessa optimaalinen, suoriutuminen on parhaimmillaan, kun taas vireystilan ollessa alle tai yli optimaalisen suoritus heikkenee. Optimaalinen vireystila riippuu tehtävästä. Korkea vireystila parantaa helppojen ja yksinkertaisten tehtävien suorittamista, kun taas vaativissa tehtävissä vireystilan tulisi olla matalampi. Tämän vuoksi käyrän sijainti vaakasuunnassa riippuu tehtävän luonteesta. Vireystilamallia on kuitenkin kritisoitu runsaasti eikä se sellaisenaan ole riittävän spesifi lämpöolojen suoritusvaikutusten ennustamiseen.

Uudempi *maksimaalisen sopeutumisen malli* (Maximal Adaptability Model, Hancock & Vasmatazidis 1998) muistuttaa "venytettyä" ja käännettyä U-kirjainta (Kuva 1.1). Malli perustuu stressiteoriaan ja olettaa lämpötilan suoritusvaikutusten syntyvän neutraalista poikkeavien lämpöolojen aiheuttaman stressin kautta. Lämpötilan muuttuessa optimialueen ulkopuolelle psyykkisiä resursseja käytetään stressivaikutusten kompensoimiseen, mikä pitää suoriutumisen samalla tasolla. Sopeutuminen on kuitenkin mahdollista vain tiettyyn rajaan asti, jonka jälkeen suoriutuminen romahtaa nopeasti. On huomattava, että sopeutuminen on kuluttavaa myös optimialueen ja sopeutumisen maksimirajan välillä, vaikka suoriutuminen ei välttämättä objektiivisesti katsottuna laske. Stressimalli ei ole tarkoitettu yleiseksi malliksi, vaan optimilämpötilojen ja sopeutumisen rajojen oletetaan vaihtelevan tehtävätyypin ja sopeutumisen tason (esim. psykologinen vs. fysiologinen sopeutuminen) mukaan. Tutkijoiden mukaan mallia voitaisiin hyödyntää lämpötilan raja-arvojen määrittämiseen erityyppisissä tehtävissä.



Kuva 1.1. Vasemmalla vireystilamalli (Yerkes-Dodson, 1908) ja oikealla maksimaalisen sopeutumisen malli (Hancock & Vasmatazidis 1998). Optimaalinen lämpötila on merkitty harmaalla.

Työympäristön lämpöolojen suunnittelun kannalta tarvitaan tietoa suoriutumisen kannalta kriittisistä lämpöarvoista sekä lämpöolojen vaikutuksesta erilaisiin työtehtäviin. Mm. Clements-Croome (2006) ja Seppänen (2006) ovat esittäneet malleja, joiden avulla voidaan ennakoida lämpötilan vaikutusta työsuoriutumiseen. Nämä meta-analyysit ovat peräisin sekä työympäristöissä että laboratoriokokeissa tehdyistä tutkimuksista. Malleissa ei ole otettu kantaa työtehtävän luonteeseen.

Toimistotyötä tarkasteltaessa olisi olennaista tutkia monipuolisesti erilaisia perustoimintoja, joita toimistotyö yleensä edellyttää. Toimistotilojen lämpöolosuhteiden osalta kiinnostavia ovat sisätiloissa mahdolliset ja yleisesti esiintyvät lämpötilat, joiden vaihtelualue on huomattavasti suppeampi kuin lämpöolotutkimuksissa yleisesti ottaen. Näistä syistä em. malleja ei voida suoraan soveltaa toimistotyöhön.

Lämpöolojen vaikutusta erityyppisiin tehtäviin on selvitetty mm. Hancockin ym. (2007) tekemässä, 291 tutkimusta kattavassa meta-analyysissä. Tutkimuksessa lämpöolojen vaikutus suoriutumiseen jaettiin karkeasti kolmeen tehtävätyyppiin: havaintotoiminnot, psykomotoriikka ja kognitiivinen suoriutuminen. Korkeiden lämpötilojen osalta tarkasteltiin erikseen 29.4 °C (85°F) rajan alle jääviä ja ylittäviä lämpötiloja<sup>1</sup>. Rajan alle jäävillä eli korkeilla, mutta toimistoissa mahdollisilla lämpötiloilla oli heikentävä vaikutus kognitiiviseen suoriutumiseen, mutta ei vaikutusta psykomotoriseen suoriutumiseen. Havaintotoimintojen osalta tutkimuksia oli niin vähän, ettei vaikutusta voitu määrittää. Lämpötilan nousulla oli vaikutusta etenkin suoriutumisen tarkkuuteen, ja yli 29.4°C ylittävissä lämpötiloissa myös reaktionopeuteen. Tutkimuksessa ei kuitenkaan eritelty lämpötilan

<sup>1</sup> Tutkijat pitivät kyseistä lämpötilaa sietokynnyksenä, jonka ylittyessä fysiologiset lämmönsäätelytoiminnot ei enää toimi optimaalisesti ja kehon sisälämpötila alkaa nousta (Hancock & Vercruyssen, 1988).



vaikutuksia neutraalin vertailukohdan ja 29.4 °C välillä. Juuri tämän välin määrittäminen olisi toimistojen lämpöolojen suunnittelun kannalta tärkeää.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lämpötilojen 21 °C, 25 °C ja 29 °C vaikutusta työsuoriutumiseen kahdessa kognitiivisilta vaatimuksiltaan erilaisessa tehtävässä. Lisäksi tutkittiin lämpötilojen vaikutusta lämpöviihtyvyyteen ja subjektiiviseen työsuoriutumiseen. Hypoteesina on, että lämpöolot vaikuttavat työsuoriutumiseen eri tehtävissä eri tavalla. Valittu lämpötila-alue edustaa tyypillisesti havaittuja lämpötiloja toimistoissa.



## 2 MENETELMÄT

### 2.1 Koehenkilöt

Yhteensä 35 (21 naista ja 14 miestä) psykologian tai fysiikan opiskelijaa rekrytoitiin koehenkilöiksi tutkimukseen. Koehenkilöt olivat iältään 19–33 vuotiaita (mediaani 24.4) ja äidinkieleltään suomenkielisiä. Kenelläkään koehenkilöistä ei ollut luki- tai tarkkaavaisuushäiriöitä. Koehenkilöitä informoitiin etukäteen koetilanteen kestosta, toimistoympäristömaisista koeolosuhteista, tehtävätyypeistä sekä muiden koehenkilöiden läsnäolosta.

Koehenkilöille maksettiin 100 € suuruinen palkkio osallistumisesta 3 eri päivänä tapahtuvaan kokeeseen.

Koehenkilöitä ohjeistettiin pukeutumaan housuihin, pitkähihaiseen T-paitaan, jonka alla on T-paita, sukkiin ja matalavartisiin kenkiin (kuva 2.1). Arvioitu vaatteiden ja toimistotuolin lämmöneristävyys oli yhteensä 0.83 clo (ASHRAE, 2004). Koetilanteen aikana koehenkilöiden pääasiallinen toiminta oli koneella kirjoittaminen. Arvioitu elimistön lämmöntuotto oli 1.1 met (ASHRAE, 2004). Koehenkilöt eivät saaneet koetilanteen aikana muokata vaateustaan lämpöoloihin sopivaksi.



Kuva 2.1. Ohjeen mukainen vaatetus koetilanteessa.

### 2.2 Laboratorio ja tutkimusolosuhteet

Tutkimus toteutettiin talvella 2009–2010 Turussa sijaitsevassa toimistolaboratoriossa (31 m<sup>2</sup>, Kuvat 2.2–2.3), joka on kahdesta toimistolaboratoriosta pienempi. Laboratoriossa on 8 työpistettä ja ikkuna. Työpisteiden välissä oli 1.3 m korkeat sermit estämässä näköyhteyttä työpisteiden välillä. Työpöydän koko oli 1200x800 mm.

Taulukossa 2.1 on esitetty tutkimuksen sisäympäristön olosuhteet. Olosuhteet suunniteltiin siten, että vain lämpötilaa muuteltiin. Muut olosuhteet pysyivät vakiona ja suositusten mukaisella hyvällä tasolla. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti taulukon 2.1 sisältöä.

Huoneen lämpötilajakaumaa mitattiin korkeudesta 0.1 m korkeuteen 2.6 m työpisteen vieressä huoneen molemmissa päissä. Ilman liikenoiteutta mitattiin yhdessä työpisteessä korkeuksilla 0.1 m, 0.6 m ja 1.1 m. Ilman lämpötilan keskiarvo laskettiin oleskeluvyöhykkeellä eli 0.1 m, 0.6 m ja 1.1 m korkeuksilta mitatuista ilman lämpötiloista.

Taulukko 2.1. Mitattujen sisäympäristötekijöiden keskiarvot kolmessa eri lämpötilanteessa. Keskihajonnat on merkitty sulkuihin.

Nimelliset lämpötilat [°C]		21	25	29
Ilman lämpötilan keskiarvo [°C]		21.5 (0.53)	25.4 (0.12)	29.2 (0.20)
Ilman liikenoiteus [m/s] kolmella korkeudella	1.1 m	0.14 (0.01)	0.16 (0.01)	0.13 (0.01)
	0.6 m	0.08 (0.01)	0.14 (0.01)	0.12 (0.01)
	0.1 m	0.09 (0.01)	0.10 (0.01)	0.13 (0.01)
Vetoriski [%] kaikissa työpisteissä		0-16	0-13	0-7
Suhteellinen kosteus [%]		8	9	8
Ulkoilmavirta [l/s henkilö]		18-21	18-21	18-21
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]		490	490	490

Vetoriski (DR) ennakoi, kuinka iso osa suuresta joukosta ihmisiä mahdollisesti kokisi vetoa kyseisissä olosuhteissa. Vedon tunne aiheutuu ihon paikallisesta liian voimakkaasta jäähtymisestä. Vedon tunteeseen vaikuttavat ilman lämpötila, liikenoiteus, turbulentsisuus ja pinnoista säteilemällä tapahtuva lämmönsiirto. Vetoriski mitattiin jokaisessa työpisteessä kaikissa kolmessa lämpötilassa.

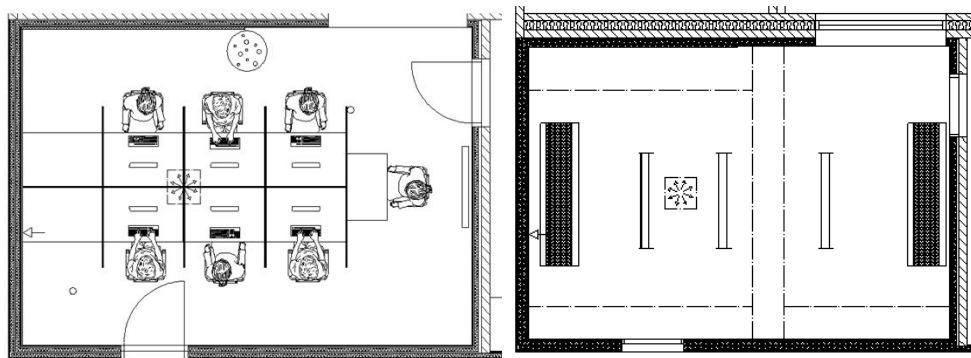
Tuloilma tuotiin huoneeseen kattoon asennetulla Haltonin DKS monisuutinkattohajottajalla (kuva 2.3). Ilman virtauskuvio visualisoitiin savulla jokaisessa lämpötilassa, jotta voitiin varmistaa, ettei tuloilmasuihku missään tilanteessa putoa suoraan työpisteelle. Katossa olevia virtausesteitä olivat valaisimet, jäähdityspalkit sekä katon madallus huoneen reunoilla ja keskellä (kuva 2.2).

Hiilidioksidipitoisuus indikoi tilassa olevien epäpuhtauksien määrää. Suurimpia tilan epäpuhtauslähteitä ovat tilassa olevat henkilöt. Suuri hiilidioksidipitoisuus (>1200 ppm) toimistotilassa indikoi ilmanvaihdon riittämättömyyttä. Ulkoilmavirta kuvaa raikkaan tuloilman määrää. Se säädettiin sisäilmastoluokituksen S1 mukaiselle tasolle, jolloin hiilidioksidipitoisuus ei kasvanut merkittävästi 6 koehenkilön ja kokeen vetäjän kuormituksesta.

Ilmastoinnin ja tietokoneiden aiheuttama taustäänitaso huoneessa oli alle  $L_{A,eq}=39$  dB. Tämä on ohjearvojen mukainen avotoimistoille (SFS 5907). Koehenkilöt aiheuttivat itse jonkin verran normaalia toimistoäänä (näppäimistö, paperit) mutta tätä tasoa ei mitattu. Koehenkilöt eivät puhuneet kokeen aikana.

Tilassa oli 3 valaisinta, jotka tuottivat suoraa ja epäsuoraa valaistusta (Philips TRIOLA - 550TPS 3xTL5-35W). Valaistusvoimakkuus säädettiin työpisteissä pöytäpinnan vaakatasolla arvoon 400 lx, mikä on SFS-EN 12464-1 suositusten mukainen. Valaistus oli tilassa tasainen, värinvalistoltaan hyvä eikä häikäisyä ollut.

Huoneen seinän pintalämpötiloja mitattiin. Kaikissa lämpöoloissa seinän pintalämpötilat huoneessa olivat lähellä ilman lämpötilaa. Näin ollen kokeen aikana ei ollut riskiä, että suuret kylmät/kuumat pinnat aiheuttaisivat paikallista vedon tunnetta. Operatiivista lämpötilaa mitattiin mustan pallon avulla eikä mitattu lämpötila poikennut merkittävästi huoneilman lämpötilasta.



Kuva 2.2. Vasen) Avotoimistolaboratorio (6.8 x 4.7 x 2.7 m). Oikea) Jäähdytyspalkkien, valaisinten ja tuloilmalaitteen sijainnit. Jäähdytyspalkit oli kytketty pois, mutta niiden sijainti on oleellinen tuloilman virtauskuvion kannalta.



Kuva 2.3. Avotoimistolaboratorio ja monisuutinkattohajottaja.

## 2.3 Tutkimusasetelma ja koetilanteiden kulku

Koetilanteita oli tutkimuksessa kolme: 21 °C, 25 °C ja 29 °C. Tutkimus toteutettiin toistettujen mittausten asetelmalla eli koehenkilöt kävivät läpi kaikki kolme koetilannetta ja toimivat itse itsensä vertailukohtana. Koehenkilöt kävivät eri lämpötiloissa eri päivinä, yhteensä siis kolmena eri päivänä. Koetilanteeseen tuli yhtäaikaan 5-6 henkilön ryhmä.

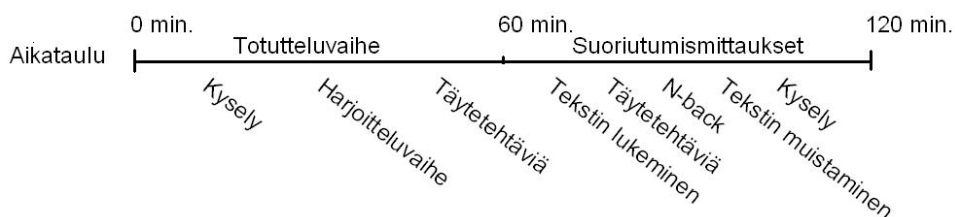
Jokainen koetilanne kesti 2 tuntia (kuva 2.4). Kokeenjohtaja oli paikalla koko ajan valvomassa koetta ja ohjeistamassa siirtymistä tehtävästä toiseen. Koetilanteen alussa täytettiin alkukysely, jossa selvitettiin taustatietoja sekä lämpöviihtyvyyttä ja sisäympäristön kokemista laboratoriotilaan tultaessa. Koehenkilöitä ohjeistettiin työskentelemään

itsenäisesti ilman keskinäistä kommunikointia. Ensimmäinen tunti käytettiin lämpöoloihin totutteluun ja tehtävien harjoitteluun.

Lämpötilojen järjestys vastabalansointiin testausryhmien välillä (kuva 2.5), jotta lämpötilojen järjestyksestä ei tulisi virhelähdettä tuloksiin. Koetilanne järjestettiin aina 09:30 ja 15:00 välisenä aikana. Osa ryhmistä kävi koetilanteissa aina aamupäivällä ja osa aina iltapäivällä.

Totutteluvaiheen jälkeen aloitettiin varsinaiset suoriutumismittaukset. Mittauksissa käytettiin kahta kognitiivisesti erilaista tehtävää: N-back-työmuistitehtävää ja pitkäkestoisen muistin tehtävää. Lisäksi koehenkilöt tekivät erilaisia täytetehtäviä, jotta aikaa saatiin kulumaan. Testauksen lopuksi koehenkilöt täyttivät laajemman kyselyn, jossa selvitettiin lämpöviihtyvyyttä ja subjektiivisia kokemuksia lämpöolojen vaikutuksesta omaan suoriutumiseen.

Ryhmän ensimmäisen koetilanteen alussa valvoja kertoi perustietoa kokeesta. Koe-henkilöiden annettiin ymmärtää, että suoriutumista mitattiin koko koetilanteen ajan. Koehenkilöille kerrottiin mm. tutkimuksen liittyvän toimistoympäristöön, mutta heille ei kerrottu, että tutkittava muuttuja oli huoneen lämpötila. Jokaisen koepäivän alussa koehenkilöitä neuvottiin säätämään työpiste ergonomiseksi muuttamalla mm. tuolin korkeutta ja asentoa sekä tietokoneen näyttöä. Koehenkilö työskenteli kaikkina koepäivinä samassa työpisteessä.



Kuva 2.4. Koetilanteen proseduuri.

	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Ryhmä 4	Ryhmä 5	Ryhmä 6
1. Päivä	21 °C	21 °C	25 °C	25 °C	29 °C	29 °C
2. Päivä	25 °C	29 °C	21 °C	29 °C	25 °C	21 °C
3. Päivä	29 °C	25 °C	29 °C	21 °C	21 °C	25 °C

Kuva 2.5. Koetilanteissa vallitsevan lämpötilan järjestys eri ryhmillä.

## 2.4 Tutkittujen lämpötilojen valintaperusteet

Tutkimukseen valittu lämpötila-alue edustaa toimistoissa tyypillisesti havaittuja lämpötiloja. Lämpötiloja valittaessa hyödynnettiin PMV (predicted mean vote) -mallia (ISO 7730). PMV -mallin avulla voidaan ennakoida suuren ryhmän keskimääräistä kokemusta lämpöympäristöstä. Lämpöympäristöllä tarkoitetaan ilman lämpötilan, pintojen lämpötilojen, suhteellisen kosteuden ja ilman liikkeen muodostamaa kokonaisuutta. PMV -malli huomioi lämpöympäristön lisäksi henkilöiden vaatteiden lämmöneristävyyden ja kehon lämmöntuoton. Usein puhutaan lämmöntuotosta yksikössä *met* (1 met

= 58,2 W/m<sup>2</sup>) ja vaatteiden lämmöneristävyydestä yksikössä *clo* (1 *clo* = 0,155 m<sup>2</sup>C/W). Standardissa ISO 7730 esitellään myös PPD -malli, mikä ennustaa kuinka monta prosenttia suuresta ryhmästä on tyytymättömiä vallitsevaan lämpöympäristöön. Näiden mallien tarkempi esittely on liitteessä 1.

## 2.5 Koetilanteiden lämpöolojen rakentaminen

Huoneen lämpötiloja kontrolloitiin lämmönlähteillä ja säätämällä tuloilman lämpötilaa. Avotoimistolaboratorion suurimmat lämmönlähteet olivat tietokoneet ja näytöt (720 W), valaistus (360 W) ja avotoimistolaboratoriossa olleet henkilöt (525 W, 7 henkilöä). Koetilanteissa 21 °C ja 25 °C huoneen lämpötehot olivat yhteensä 50 W/m<sup>2</sup>.

Koetilanteissa 21 °C ja 25 °C lämmönlähteet (tietokoneet, näytöt, valaistus ja henkilömäärä) pysyivät samana ja lämpötilaa kontrolloitiin tuloilmalla. Koetilanteessa 29 °C huoneen lämmittämiseen käytettiin konvektoria (660 W), joka oli sijoitettu huoneen pätyyn valvojan taakse (kuva 2.6). Konvektorista ei tule säteilylämpöä, vaan se lämmittää huonetta konvektiovirtauksen avulla. Näin lämpö leviää huoneeseen tasaisemmin ja lämpötila eri pintojen välillä ei oleellisesti muutu. Konvektori sijoitettiin siten, että se vaikutti jokaiseen työpisteeseen yhtäläisesti. Koetilanteessa 29 °C huoneen lämpöteho oli yhteensä 71 W/m<sup>2</sup>.

Ennen koetilanteen alkua koehenkilöiden ja valvojan lämpökuormia simuloitiin erillisillä lämmönlähteillä (yhteisteho 525 W), jotka poistettiin laboratoriosta ennen koehenkilöiden sisääntuloa (kuva 2.6).



Kuva 2.6. Koehuoneen päty ja valvojan paikka. Vasemmalla on koetilanteessa 29 °C käytetty konvektori (patteri) ja oikealla lämmönlähde (75 W valaisin) simuloimassa valvojan lämpökuormaa.

## 2.6 Kyselyt

Kyselyjä käytettiin mittaamaan kokonaisvaltaista lämpöviihtyvyyttä, paikallista lämpöviihtyvyyttä, itsearvioitua työsuoriutumista, oireita, motivaatiota sekä valaistuksen, äänien ja hajujen häiritsevyyttä. Tutkimuksessa käytettiin kahta kyselyä; alkukyselyä (liite 2) ja loppukyselyä (liite 3). Alkukyselyssä kysyttiin koehenkilön taustatietoja, vireystilaa ja flunssaoireita, jotta voitiin kartoittaa mahdollisia suoriutumiseen vaikuttavia häiriötekijöitä. Koehenkilöiltä kysyttiin myös

lämpöiihtyvyyttä, lämpötyytyväisyyttä sekä kokemusta huoneilman kuivuudesta, tunkkaisuudesta ja vetoisuudesta. Näin saatiin käsitys koehenkilöiden saamasta sisäympäristön ensivaikutelmasta.

Lämpöiihtyvyyttä kysyttiin käyttäen 7-osaista asteikkoa. Asteikkoa pohjautuu standardiin ISO 7730, mutta sitä on käänösvaiheessa hieman muokattu vastaamaan paremmin suomenkielen vivahteita (kuva 2.7). Standardin mukaan koehenkilö on lämpötilaan tyytyväinen, kun hän määrittelee lämpöiihtyvyytensä käyttäen jotain asteikon kolmesta keskimmäisestä arvosta (-1, 0 tai +1). Arvojen englanninkielisessä nimityksessä (*slightly cool*, *neutral* ja *slightly warm*) tyytyväisyys-termi ei kuitenkaan esiinny. Käytetyissä kyselyissä 7-osaisen asteikon arvoihin -1 ja +1 lisättiin sana "mutta miellyttävä" arvojen tarkoituksen tulkitsemisen helpottamiseksi.

Loppukysely sisälsi samat lämpöympäristöä koskevat kysymykset kuin alkukysely. Paikallisia lämpötuntemuksia kysyttiin 5-osaistella asteikolla (kylmä, viileä, sopiva, lämmin ja kuuma). Kyselyssä keho jaettiin 9 eri osaan (pää, oikea käsi, vasen käsi, keskivartalo, oikea reisi, vasen reisi, oikea sääri, vasen sääri ja jalkaterät) ja lämpötuntemusta kysyttiin jokaisesta kehon osasta erikseen (kuva 2.8).

Lämpötilan vaikutusta suoriutumiseen kysyttiin sekä suorilla kysymyksillä että lämpötilan stressivaikutuksia kartoittavilla kysymyksillä. Vastaus annettiin viisiportaisella asteikolla. Suoritusvaikutuksia koskevat kysymykset oli muokattu aiemmissa akustiikkakokeissa käytetystä kyselystä (Haapakangas et al., 2011). Ne kartoittivat mm. lämpöolojen vaikutusta keskittymiseen ja niiden soveltuvuutta jokapäiväiseen työskentelyyn (yhteensä 6 kysymystä). Stressivaikutuksia arvioitiin kartoittamalla motivaatiota, vireystilaa ja energisyyttä. Tämä mittari sisälsi 9 kysymystä, jotka oli poimittu ruotsalaisesta SOFI-kyselystä (Åhsberg et al., 1995). Lisäksi kysyttiin seuraavia sisäympäristö- ja stressioireita: päänsärky, väsymys, keskittymisvaikeudet, silmäoireet (silmien kuivuminen, kutina, kirvely ja ärsytys), nenäoireet (kuivuminen, ärsytys, tukkoisuus ja nenän vuotaminen) sekä kurkun kuivuus. Loppukysely sisälsi myös arviot valaistuksen, melun ja hajujen häiritsevyydestä, jotta voitiin varmistua, että ne eivät olleet vaikuttaneet olosuhteisiin.

	ISO 7730	Kysely	
+3	Hot	Kuuma	} Tyytymätön
+2	Warm	Lämmin	
+1	Slightly warm	Melko lämmin, mutta miellyttävä	} Tyytyväinen
0	Neutral	Sopiva	
-1	Slightly cool	Hieman viileä, mutta miellyttävä	
-2	Cool	Viileä	} Tyytymätön
-3	Cold	Kylmä	

Kuva 2.7. Standardin lämpöiihtyvyyssasteikon ja kyselyssä käytetyn asteikon vertailu.





Kuva 2.8. Paikallisia lämpötuntemuksia kysyttäessä keho jaettiin 9 eri osaan (pää, oikea käsi, vasen käsi, keskivartalo, oikea reisi, vasen reisi, oikea sääri, vasen sääri ja jalkaterät).

## 2.7 Työsuoriutumista mittaavat tehtävät

Koetilanteen aikana työsuoriutumista mitattiin kahdella erilaisella tehtävällä: N-back -työmuistitehtävällä ja pitkäkestoisen muistin tehtävällä. Näiden tehtävien lisäksi koehenkilöt tekivät täytetehtäviä. Heille ei kuitenkaan kerrottu osan tehtävistä olevan täytetehtäviä. Tehtävien suorittamista harjoiteltiin totutteluvaiheessa.

N-back -työmuistitehtävässä (Owen, 2005) koehenkilöille esitettiin neljä 100 kirjaimen sarjaa tietokoneen näytöllä. Kirjaimia näytettiin yksitellen sekunnin ajan. Koehenkilöitä ohjeistettiin reagoimaan jokaiseen kirjaimeseen niin nopeasti ja tarkasti kuin pystyivät kullekin sarjalle annettujen ohjeiden mukaisesti. Sarjat erosivat vaikeustasoltaan siten, että ensimmäinen 100 kirjaimen sarja oli helpoin ja viimeinen vaikein. Ensimmäisessä sarjassa (0-back) tehtävänä oli tunnistaa kirjain "X" painamalla joko "KYLLÄ" tai "EI" jokaisen kirjaimen kohdalla. Toisessa sarjassa (1-back) tehtävänä oli verrata, onko ruudulla esitetty kirjain sama kuin edellinen kirjain. Kolmannessa sarjassa (2-back) tuli verrata, onko ruudulla esitetty kirjain sama kuin toiseksi edellinen ja neljännessä sarjassa (3-back) verrattiin kirjainta kolmanneksi edelliseen. Jokaisessa vaikeustasossa "KYLLÄ"-vastauksia oli alle kolmannes. 0-back mittaa pelkkää monitorointia, kun taas tasoilla 1-3-back kyseessä on työmuistitehtävä, jossa muistikuorma kasvaa asteittain. Virheiden määrä ja reaktioajat (millisekunteina) mitattiin.

Pitkäkestoisen muistin tehtävässä (Johanna Kaakinen, Turun yliopiston psykologian laitos) koehenkilöt lukivat tekstin, josta heidän tuli painaa mieleen tiettyä aihetta koskevaa tietoa. Erilaisia tekstejä oli kolme ja tekstien järjestys sekoitettiin ryhmien välillä. Tekstit olivat 3 sivua pitkiä ja niissä käsiteltävät aihealueet olivat uhanalaiset kasvit, harvinaiset sairaudet ja kaukaiset maat. Tekstit käsittelivät harvinaisia, yleisesti tuntemattomia aiheita, koska tutuissa aiheissa koehenkilön aiempi tieto asiasta olisi vääristänyt tuloksia. Teksteissä käsiteltiin useita asioita aiheen piiristä (esim. neljää eri sairautta), mutta koehenkilöiden tehtävänä oli painaa mieleen vain yhden aihepiirin tiedot (esim. tietty sairaus). Luku-aika oli 5 minuuttia. Tämä oli riittävä koko tekstin lukemiseen, mutta edellytti nopeaa etenemistä tekstissä. Lukemisen jälkeen koehenkilöt tekivät muita tehtäviä ennen muistipalautusta. Palautusvaiheessa koehenkilöillä oli 5 minuuttia aikaa kirjoittaa Word-dokumenttiin kaikki, mitä annetusta aiheesta muistivat. Oikein muistettujen asioiden määrä laskettiin (maksimipistemäärä oli 30).

Tehtävä mittaa tekstin ymmärtämistä, oppimista, muistamista ja muistista hakua.

## 2.8 Tilastolliset menetelmät

Suoritusmittauksista ja kyselyistä saatu aineisto analysoitiin tilastollisin menetelmin SPSS-ohjelmalla (Statistics 17.0, SPSS Inc.). Suoritusmittausten ja lämpöiihtyvyyden analyysit tehtiin toistettujen mittausten varianssianalyysillä. Muut kyselytulokset analysoitiin epäparametrisella Friedmanin testillä ja jatkovertailut Wilcoxonin testillä. Kaikkiin jatkovertailuihin tehtiin Bonferroni-korjaukset. N-back - työmuistitehtävän analyyseissä oli käytettävissä vain 25 koehenkilön aineisto teknisen tallennusvian vuoksi.

## 3 TULOKSET

### 3.1 Koettu sisäympäristö

Korkein lämpötila koettiin häiritseväksi sisäympäristötekijänä (kuva 3.1). Muut sisäympäristötekijät eivät haitanneet kokeen suorittamista, ja kokemus niiden häiritsevyydestä säilyi samana koetilanteiden välillä. Nämä tiedot tukivat käsitystä siitä, että koe onnistuttiin toteuttamaan suunnitelman mukaisesti eivätkä muut sisäympäristötekijät häirinneet lämpötilan vaikutuksen mittausta.

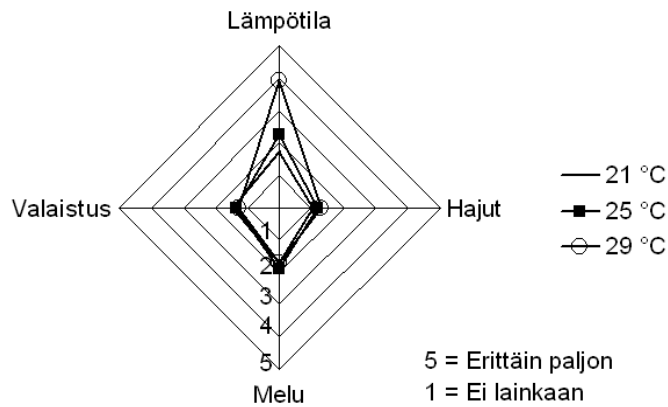
Lämpötilalla oli selvä vaikutus lämpöviihtyvyyteen ( $p < .001$ , kuva 3.2) ja erot olivat tilastollisesti merkitseviä kaikkien lämpötilojen välillä ( $p < .001$ ). Koetilanteet poikkesivat toisistaan myös lämpöolojen hyväksyttävyyttä koskevista arvioista. Koetilanteiden keskinäiset vertailut osoittivat, että lämpötila 29 °C koettiin muita koetilanteita huonommaksi ( $p < .001$ , kuva 3.3), kun taas lämpötilojen 21 °C ja 25 °C välillä ei ollut eroa olosuhteiden hyväksyttävyydessä. Hikoilua esiintyi muutamilla henkilöillä lämpötilassa 25 °C ja useimmilla koehenkilöillä lämpötilassa 29 °C (kuva 3.4).

Sukupuolella oli vaikutusta lämpöviihtyvyyteen (päävaikutus  $p < .001$ ) siten, että naiset olivat taipuvaisia arvioimaan lämpötilat viileämmäksi kuin miehet (kuva 3.5). Lämpötilalla ja sukupuolella todettiin myös yhteisvaikutus ( $p = .004$ ), mikä tarkoittaa, että sukupuolten välinen ero lämpöviihtyvyydessä oli sitä suurempi, mitä matalammasta lämpötilasta oli kyse. Miehet olivat tyytyväisimpiä lämpötilaan 21 °C ja naiset lämpötilaan 25 °C (kuva 3.6). Sukupuolten väliset erot eivät selity vaatetuksen eikä aktiivisuustason eroilla, koska nämä oli tutkimuksessa kontrolloitu.

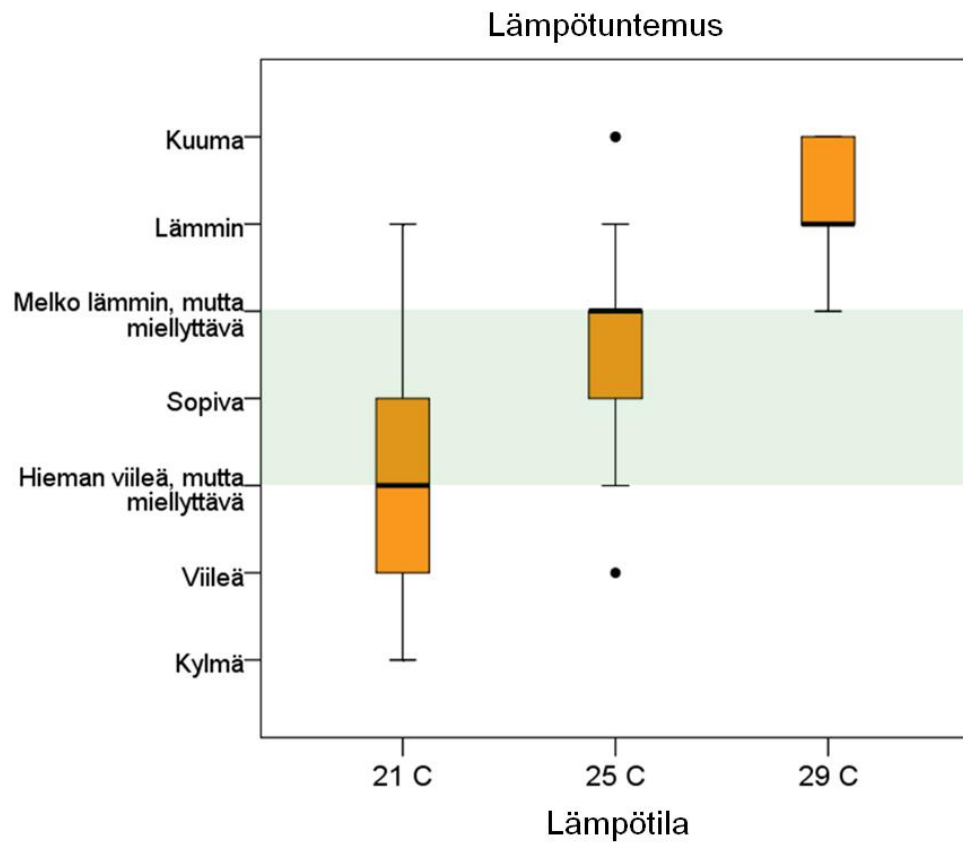
Kuvassa 3.7 on esitetty raportoitujen lämpötuntemusten keskiarvot kullekin kehon osalle jokaisessa koetilanteessa.

Lämpötilalla todettiin tilastollisesti merkitsevä vaikutus useimpien ilmanlaatua koskeviin tekijöiden kokemiseen, vaikka niitä ei kokeessa muutettu (kuva 3.8). Koetilanteen 21 °C ilma koettiin vetoisammaksi ( $p < .001$ ) ja raikkaammaksi ( $p < .001$ ) kuin muissa koetilanteissa. Koetilanteen 29 °C ilma koettiin tunkkaisempana ( $p < .001$ ) ja seisahduneempana ( $p < .001$ ) kuin muissa koetilanteissa.

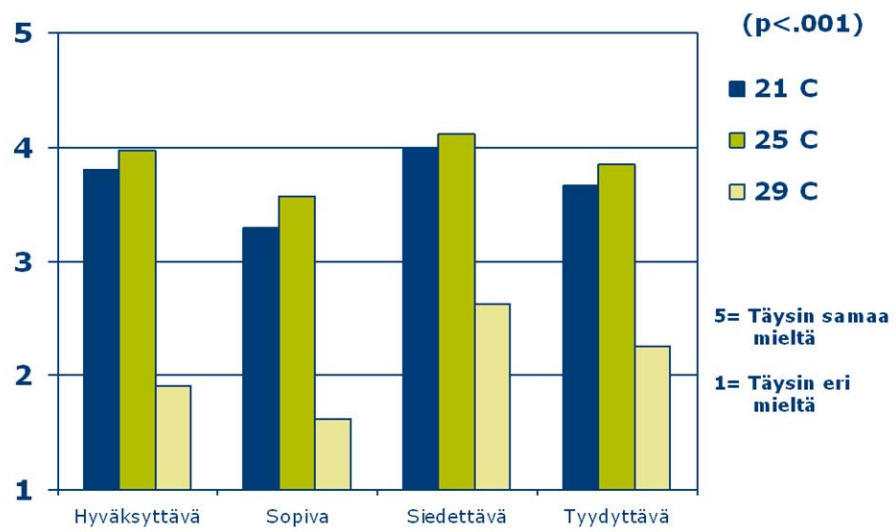
Standardin ISO 7730 PMV -mallin ja kyselytulosten vertailu on liitteessä 1. Liitteessä 1 on myös tyytymättömien määrän vertailu luvussa 2.4 esitellyn PPD - mallin arvoihin.



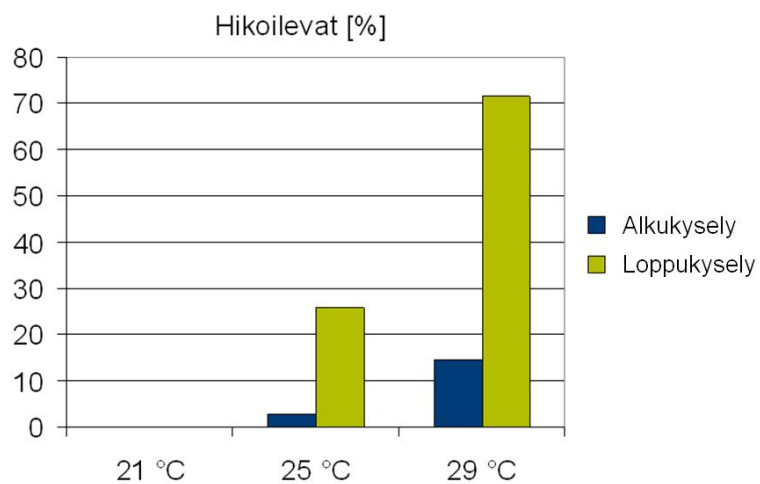
Kuva 3.1. Sisäympäristötekijöiden häiritsevyys (keskiarvot).



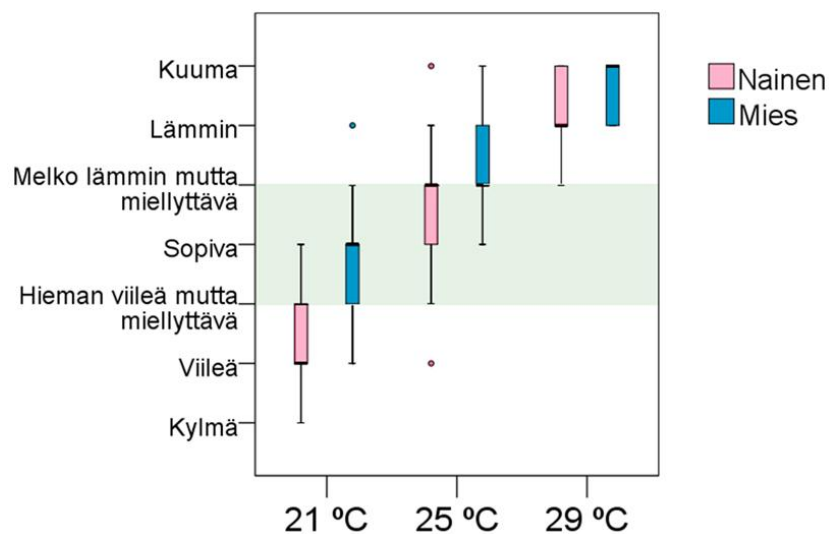
Kuva 3.2. Koehenkilöiden kokema lämpöviihtyvyys eri lämpötiloissa ( $p < .001$ ). Lämpötuntemuksen jakauman mediaani on esitetty paksulla viivalla. Oranssiin laatikkoon sijoittuu 50 % aineistosta. Laatikon alapuolella oleva jana kuvaa 25 % havainnoista kuten myös laatikon yläpuolella oleva jana kuvaa 25 % havainnoista. Poikkeavia havaintoja on merkitty kuvassa mustalla pisteellä. Vihreä taustaväri kuvaa aluetta, jossa standardin ISO 7730 mukaan lämpöoloihin ollaan tyytyväisiä.



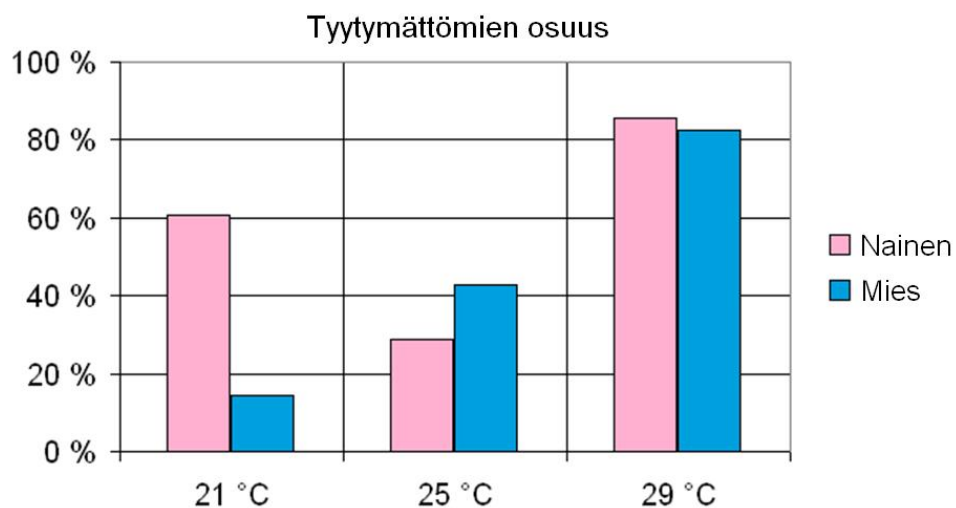
Kuva 3.3. Huonelämpötilan kokeminen kokeen lopussa.



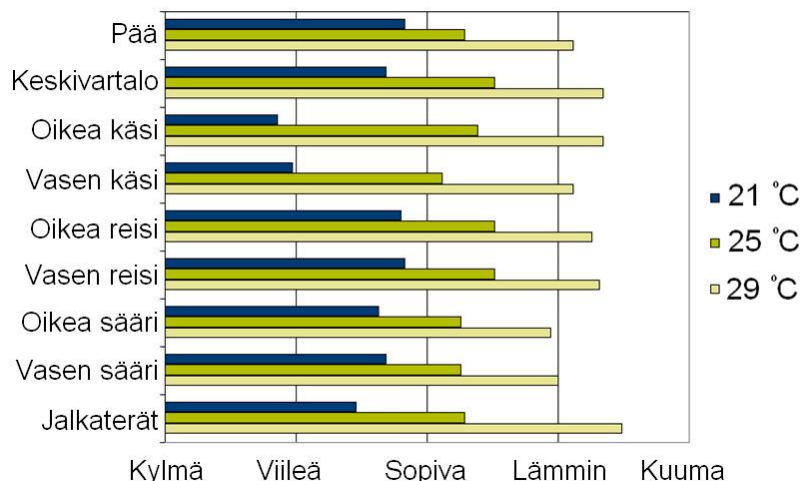
Kuva 3.4. Hikoilevien koehenkilöiden osuus koetilanteen alussa ja lopussa. Koetilanteessa 21 °C kukaan ei hikoillut.



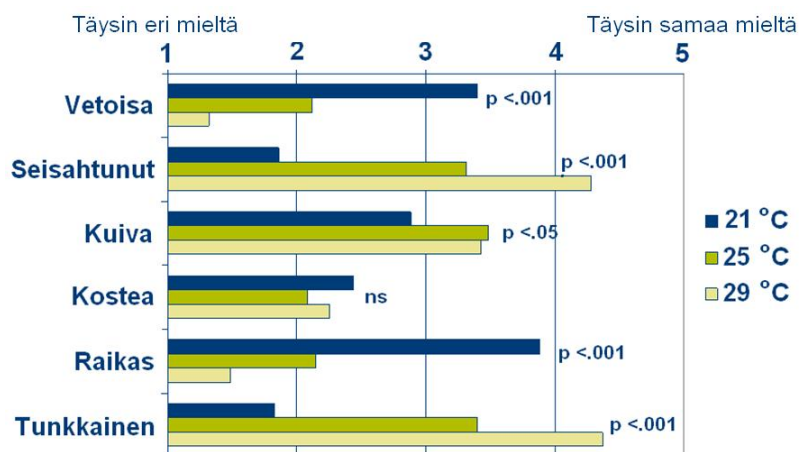
Kuva 3.5. Sukupuolten välinen ero lämpöviihtyvyydessä.



Kuva 3.6. Sukupuolten välinen ero tyytymättömyydessä.



Kuva 3.7. Paikalliset lämpötuntemukset kokeen lopussa.

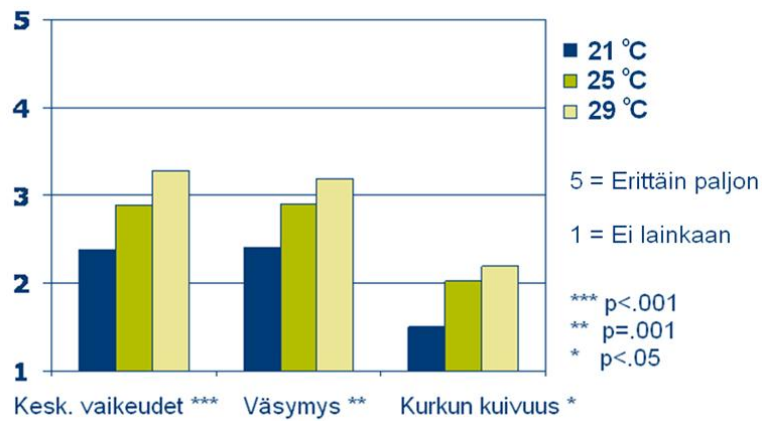


Kuva 3.8. Kokemus ilman vetoisuudesta, kuivuudesta ja tunkkaisuudesta eri koetilanteissa.

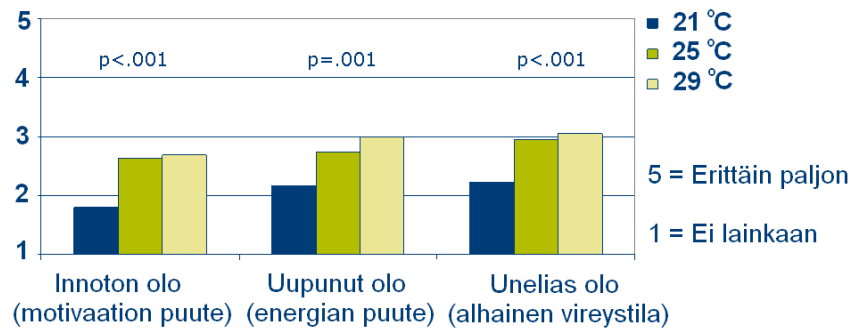
## 3.2 Oireet ja itsearvioitu vaikutus työsuoriutumiseen

Kysytyistä oireista kurkun kuivuus ( $p < .05$ ), väsymys ( $p = .001$ ) ja keskittymisvaikeudet ( $p < .001$ ) vaihtelivat merkitsevästi tilanteiden välillä (kuva 3.9). Koehenkilöiden motivaatio ( $p < .001$ ), energiataso ( $p = .001$ ) ja vireystila ( $p < .001$ ) heikentyivät lämpötilan kohotessa (kuva 3.10).

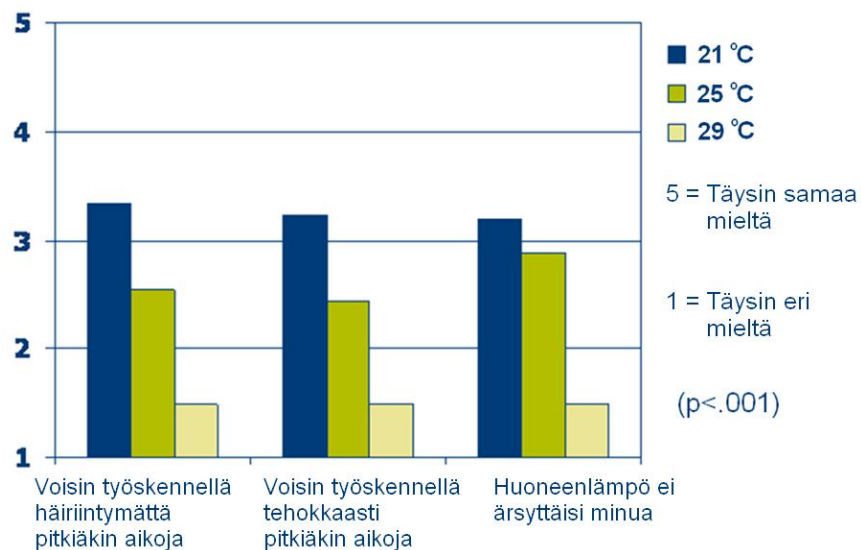
Koetilanteet erosivat toisistaan myös työsuoriutumisen häiriintymiseen liittyvissä arvioissa ( $p < .001$ , kuva 3.11). Erityisesti lämpötilassa 29 °C olosuhteet koettiin huonosti jokapäiväiseen työskentelyyn sopiviksi lämpötiloihin 21 °C ja 25 °C verrattuna ( $p < .003$ ), mutta myös lämpötila 25 °C näytti eroavan lämpötilasta 21 °C työskentelyn häiriöttömyyttä ( $p = .063$ ) ja tehokkuutta ( $p = .06$ ) tarkasteltaessa. Koehenkilöt arvioivat lämpötilan heikentävän suoriutumista eniten lämpötilassa 29 °C ( $p < .001$ , kuva 3.12).



Kuva 3.9. Kokeen aikana esiintyvät oireet. Muissa oireissa ei havaittu muutoksia.

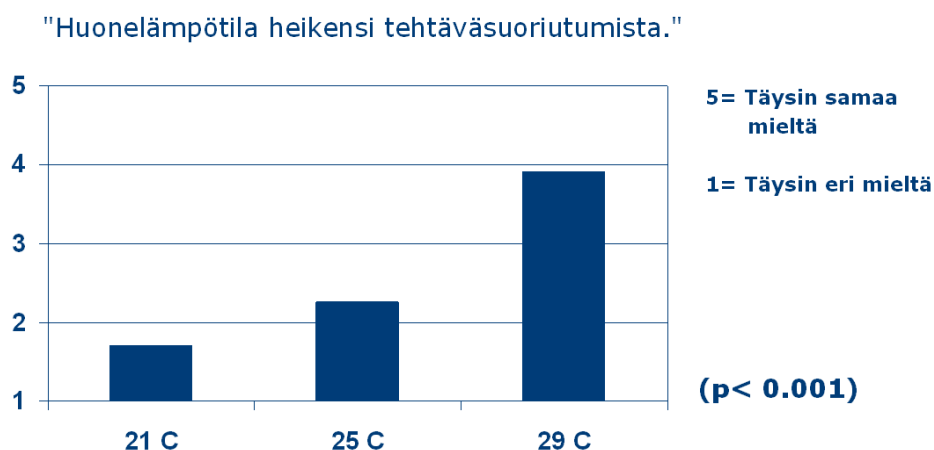


Kuva 3.10. Lämpötilan vaikutus motivaatioon, energiatasoon ja viireystilaan.



Kuva 3.11. Koehenkilöiden arvio sisäympäristön vaikutuksesta työskentelyyn kuviteltaessa, että vastaavissa olosuhteissa ja samankaltaisten tehtävien parissa olisi työskenneltävä päivittäin.



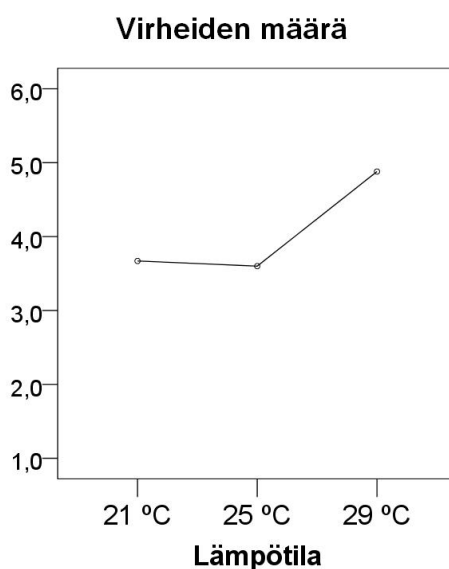


Kuva 3.12. Lämpötilan vaikutus itsearvioituun tehtäväsuoriutumiseen.

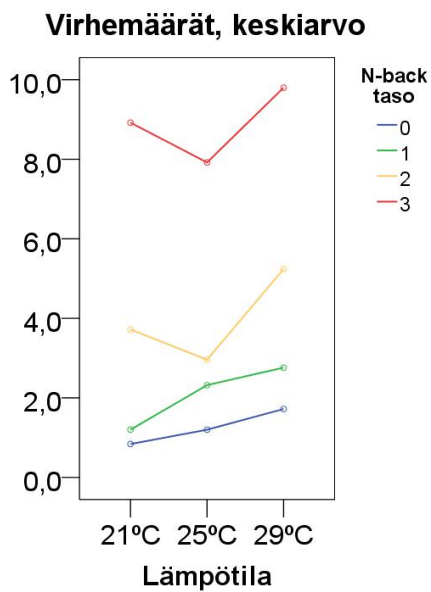
### 3.3 Työsuoriutuminen

Lämpötilalla havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus työsuoriutumiseen N-back -työmuistitehtävässä ( $p < .001$ , kuva 3.13). Virheiden määrä oli merkitsevästi suurempi lämpötilassa 29 °C kuin lämpötiloissa 25 °C ( $p < .001$ ) ja 21 °C ( $p < .01$ ). Lämpötilojen 25 °C ja 21 °C välillä ei ollut merkitsevää eroa. Työmuistitehtävän vaikeustason (0-3) ja lämpötilan välillä ei ollut yhteisvaikutusta ( $p = .17$ ), mikä tarkoittaa, että lämpötila vaikutti kaikkiin vaikeustasoihin samalla tavalla huolimatta tasojen kognitiivisesta vaativuuserosta (kuva 3.14). Reaktioajat eivät muuttuneet koetilanteiden välillä tilastollisesti merkitsevästi (kuva 3.15).

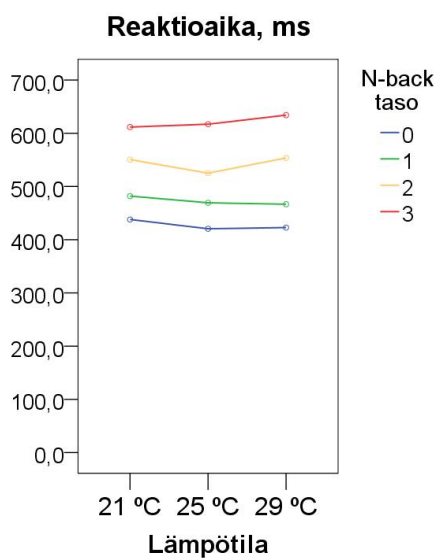
Tehtäväsuoriutuminen pitkäkestoisien muistin tehtävässä säilyi tilastollisesti ottaen samana eri lämpötiloissa ( $p = .58$ ). Graafisia tuloksia ei siksi esitetä.



Kuva 3.13. Virheiden keskiarvo N-back -työmuistitehtävässä.



Kuva 3.14. Virheiden määrät N-back -työmuistitehtävässä eri vaikeustasoilla.



Kuva 3.15. Reaktioajat N-back tehtävässä.

## 4 POHDIINTA

### 4.1 Lämpöviihtyvyys

Koetilanne 21 °C koettiin keskimäärin hieman viileänä, mutta miellyttävänä (kuva 3.2). Tässä koetilanteessa oli kuitenkin selkeästi eniten hajontaa lämpöviihtyvyydessä etenkin miesten ja naisten välillä. Koetilanne 25 °C koettiin sopivana tai ehkä hieman lämpimänä. Koetilanne 29 °C koettiin selkeästi lämpimänä. 94 % koehenkilöistä koki lämpötilan lämpimäksi tai kuumaksi. Standardin ISO 7730 mukaan lämpötila 23 °C olisi lämpöviihtyvyyden kannalta paras, kun vaatetus ja aktiivisuustaso ovat samat kuin tässä kokeessa.

Lämpötila 29 °C koettiin olosuhteiden hyväksyttävyyden osalta merkitsevästi huonommaksi kuin lämpötilat 21 °C ja 25 °C (kuva 3.3). Koetilanteiden 21 °C ja 25 °C välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

Sukupuolten välillä oli eroa lämpöviihtyvyydessä yhtäläisestä vaatetuksesta huolimatta (kuva 3.5). Samankaltaisia tuloksia ovat aiemmin raportoineet mm. Parsons (2002) ja Choi et al. (2010). Sukupuolten välistä eroa lämpöviihtyvyydessä ei ole vielä selitetty.

Hieman viileä koetilanne (21 °C) koettiin vetoisaksi, vaikka fysikaalisten mittausten perusteella hetkellinen vetoriski oli välillä 0-16 % (kuva 3.8). Ilmanlaatu koettiin raikkaimpana koetilanteessa 21 °C ja tunkkaisimpana koetilanteessa 29 °C huolimatta siitä, että fysikaalisten mittaustulosten mukaan ilmanlaatu pysyi samana koetilanteiden välillä. Kokemus ilman kosteudesta ei muuttunut koetilanteiden välillä.

### 4.2 Työsuoriutuminen

Pitkäkestoisen muistin tehtävässä suoritus ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi koetilanteiden välillä. Saattaa olla, että lämpötilan nousu ei tällä vaihteluvälillä (21-29 °C) vaikuta suoriutumiseen tämän tyypisissä tehtävissä. Hancockin ym. (2007) tutkimuksen mukaan lämpötilan vaikutus suoriutumiseen riippuu kuitenkin varsinaisen lämpötilan ja tehtävätyypin lisäksi altistusajasta. On mahdollista, että tässä kokeessa altistus- ja suoritus aika oli kyseisen tehtävän kannalta niin lyhyt, että lämpötilan aiheuttamaa kuormitusta kyettiin riittävästi kompensoimaan. Todellisessa työtilanteessa korkeille lämpötiloille altistuminen, kuten myös lukemista ja muistia vaativat työtehtävät, saattavat kestää koko työpäivän, jolloin vastaava häiriövaikutuksen kompensoiminen ei ole loputtomiin mahdollista. Lisäksi on huomattava, että tekstiä sisältäviä muistitestejä on vaikea laatia yhtä luotettaviksi kuin yksinkertaisempia työmuistitestejä (kuten N-back). Tämä johtuu siitä, että testistä tarvitaan eri versio jokaiseen koetilanteeseen eivätkä kolme tekstiä voi olla lukemis- ja muistivaatimuksiltaan koskaan täysin identtisiä. Tällaiset mittareihin liittyvät epävarmuustekijät voivat tuottaa virhettä tutkimustuloksiin niin, että mahdollinen lämpötilan vaikutus jää havaitsematta.

Lämpötilalla oli vaikutusta työsuoriutumiseen N-back -työmuisti-tehtävässä (kuva 3.13). Muutos suorituksen tarkkuudessa tapahtui lämpötilojen 25 °C ja 29 °C välillä. Reaktioajoissa ei todettu merkitseviä muutoksia, vaikkakin Kuvan 3.15 mukaan reaktioajoissa oli pientä

nousua lämpötilan kohotessa. Tarkkuuden heikentyminen ei siis johdu siitä, että suoritus olisi nopeutunut.

N-back tehtävässä oli neljä kognitiivisesti erilaista vaikeusastetta, mutta lämpötilan vaikutus työsuoriutumiseen oli tilastollisen testauksen perusteella kaikissa yhtäläinen. Hancockin (Hancock et al., 2007) jaottelua seuraten N-back -tehtävän osioista 0-back ja mahdollisesti myös 1-back sijoittuvat tehtävätyypiltään havaintotoimintoihin, kun taas vaativammat 2-back ja 3-back ovat selkeästi vaativampia kognitiivisia tehtäviä. Näin ollen olisi voinut olettaa, että suoriutumisen kannalta kriittiset lämpötila-arvot olisivat poikenneet helpoimpien ja vaikeimpien N-back -tasojen välillä. Kuvaajien hieman poikkeavat muodot (Kuva 3.14) tukevat tätä oletusta. N-back -tehtävän tilastolliset analyysit jouduttiin tekemään ainoastaan 25 koehenkilön aineistolla teknisten ongelmien vuoksi, joten on mahdollista, että koko testiryhmällä lämpötilan vaikutus eri vaikeustasoihin olisi tullut tilastollisesti merkitseväksi. N-back -tehtävässä on helppo säädellä suorituksen kognitiivista vaikeustasoa, joten tehtävää kannattaa hyödyntää lämpöolojen ja kognitiivisen vaativuuden välisen suhteen tutkimiseen jatkossakin.

Tutkimustuloksista saatiin jonkin verran tukea hypoteesille siitä, että lämpötilalla on erilainen vaikutus eri työtehtäviin. Työmuistitehtävät, joita N-back tehtävä edustaa, yleisesti ennustavat työsuoriutumista monimutkaisimmissa kognitiivisissa tehtävissä (Daneman & Merikle 1996). Voidaan siis olettaa, että lämpötilan vaikutus N-back -tehtävässä ennustaa vaikutusta myös muissa kognitiivisesti vaativissa tehtävissä. Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää myös muiden tehtävätyyppien herkkyyttä lämpötilalle.

Kokonaisuutena tulokset sopivat hyvin Hancockin (Hancock et al., 2007) maksimaalisen sopeutumisen malliin. Mallin mukaan subjektiivisen viihtyvyyden rajat ovat lähempänä optimilämpötilaa kuin suoriutumisen romahtamisen rajat. Lisäksi malli olettaa, että optimilämpötila ja suoriutumisen ylläpitämisen kriittinen lämpötila eroavat eri tehtävätyypeissä. Tämän tutkimuksen tuloksista on nähtävissä, että subjektiivista kuormittumista esiintyy usealla eri mittarilla mitattuna jo lämpötilan noustessa 21 asteesta 25 asteeseen. Tämän voi tulkita heijastavan lämpötilan aiheuttaman stressin kompensointia, joka näkyy suorituksen tason säilyttämisenä. N-back -tehtävässä suoritustason säilyttämisen kannalta kriittinen lämpötila sijoittuu välille 25 °C ja 29 °C ja pitkäkestoisen muistin tehtävässä kriittistä lämpötilaa ei tässä kokeessa saavuteta. On kuitenkin huomattava, että pitemmällä altistusajalla suoriutumisen kannalta kriittiset lämpötilat ovat todennäköisesti matalampia. Tästä syystä lämpötilan vaikutusta suoriutumiseen tulisi tutkia myös pitkäaikaisemmissa kenttäkokeissa.

## 5 KIITOKSET

Kiitämme tutkija Marke Koskelinia kokeen vetämisestä ja tutkimusavustaja Hanna Nikkistä avusta tulosten analysoinnissa. Kiitämme PsT Johanna Kaakista (Psykologian laitos, Turun yliopisto) materiaalien antamisesta pitkäkestoisen muistin tehtävään. Kiitos Risto Kososelle ja Mika Ruposelle (Halton) neuvoista ja avusta tuloilman tuomiselle huoneeseen vedottomasti. Kiitämme Ilkka Koskimiestä (Martela) avusta avotoimistolaboratorion kalusteiden toimittamisesta.

## KIRJALLISUUS

- ASHRAE (2004). ANSI/ASHRAE standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers; 2004.
- Choi J., Aziz A., Loftness V. (2010) Investigation on the impacts of different genders and ages on satisfaction with thermal environments in office buildings, *Building and Environment* 45 (2010)1529-1535.
- Clements-Croome, D. (2006) *Creating the Productive Workplace*. 2nd edition, Taylor & Francis, New York, USA.
- Daneman M, Merikle PM (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3: 422-433.
- Haapakangas A, Kankkunen E, Hongisto V, Virjonen P, Oliva D, Keskinen E (2011), Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction - implications for open-plan offices, *acta acustica united with acustica* 97(4) 641-655.
- Hancock P.A., Ross J.M., Szalma J.L. (2007). A meta-analysis of performance response under thermal stressors, *Human Factors* 49(5): 851-877.
- Hancock P.A., Vercruyssen M. (1988). Limits of Behavioral Efficiency for Workers in Heat Stress. *International Journal of Industrial Ergonomics* 3: 149-158.
- Hancock, P. A., & Vasmatazidis, I. (1998). Human occupational and performance limits under stress: The thermal environment as a prototypical example. *Ergonomics*, 41, 1169–1191.
- Hongisto V (2005), A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance, *Indoor Air* 15 458-468.
- Ilmarinen R (toim) (1982), *Lämpöviihtyvyys ja työvaatetus*, Helsinki: Työterveyslaitos.
- ISO 7730:2005, Ergonomics of the thermal environment e analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève: International Organisation for Standardisation; 2005.
- Owen A.M, McMillan K.M., Laird A.R, Bullmore E. 2005. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 25: 46-59.
- Parsons K.C. (2002), The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. *Energy and Buildings* 34 593-599.
- Parsons K. (2003), *Human thermal environments. The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*. Taylor & Francis: London, UK.
- Seppänen O, Fisk W.J., Lei QH.2006. Effect of temperature on task performance in office environment. *Lawrence Berkeley National Laboratory, 2006*, LNBL report 60946.
- SFS-EN 12464-1:2003. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus, Suomen Standardisoimisliitto ry, Helsinki, 2003.
- SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus. Suomen Standardisoimisliitto ry, Helsinki, 2004.
- Wargocki P. and Seppänen O., Indoor climate and productivity in offices-how to integrate productivity in life – cycle cost analysis of building services. REHVA Handbook No: 6 (2007).
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–482.
- Åhsberg E, Gamberale F, Kjellberg A. (1995), Upplevd trötthetskvalitet vid olika arbetsuppgifter. Utveckling av ett mätinstrument. *Arbete & Hälsa* 1995;20. Arbetslivsinstitutet, Solna, Ruotsi.

## LIITE 1. PMV- JA PPD -MALLI

### L1.1. Mallien kuvaus ja tavoite

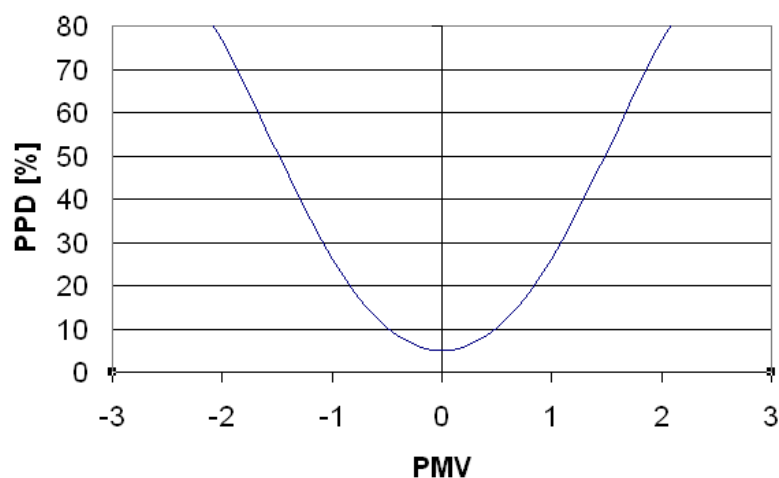
Tutkimuksessa käytettyjä lämpötiloja arvioitiin etukäteen ISO 7730 -standardin PMV (predicted mean vote) -mallin avulla. Yhtälöitä ei esitetä tässä raportissa. Mallin avulla voidaan laskea väestön keskimääräinen lämpötuntemus 7-portaisella asteikolla (-3 = kylmä, -2 = viileä, -1 = hieman viileä, 0 = neutraali, 1 = melko lämmin, 2 = lämmin ja 3 = kuuma). PMV -malli huomioi huoneen ilman lämpötilan (°C), pintojen lämpötilat (°C), suhteellisen kosteuden (%), ilman liikkeitä (m/s), henkilön vaatteiden lämmöneristävyyden (clo, 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>C/W) ja henkilön lämmöntuoton (met, 1 met = 58,2 W/m<sup>2</sup>). PMV-mallilla ei saada tietoa kehon eri osien lämpötuntemuksista. Lisäksi mallissa oletetaan, että lämpöympäristö ei ole muuttuvassa tilassa. Malli kestää pienet parametrien heilahtelut sisäympäristössä, mutta voimakkaasti muuttuvaan tilanteeseen sitä ei voida soveltaa.

PMV-mallin mukaan huoneilman lämpötila 21 °C koetaan hieman viileäksi, kun henkilön lämmöntuotto on 1.1 met ja vaatteiden lämmöneristävyys on 0.83 clo. Lämpötila 25 °C koetaan sopivana ja lämpötila 29 °C melko lämpimänä. Koehenkilöiden aktiivisuustasolla ja vaatetuksella lämpöviihtyvyys olisi paras lämpötilalla 23 °C.

Standardissa ISO 7730 esitellään myös PPD-malli (predicted percentage dissatisfied), jolla voidaan laskea lämpöympäristöön tyytymättömien osuus [%], kun PMV tunnetaan:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (1)$$

Kuvassa L1.1 on esitetty yhtälön (1) muoto. Mallin mukaan 100 % tyytyväisyysastetta ei voida saavuttaa missään lämpötilassa. Pienimmillään PPD on 5 % PMV:n ollessa 0 eli sopiva. PPD-mallin mukaan tämän tutkimuksen lämpötiloista eniten tyytymättömiä olisi koetilanteessa 29 °C.



Kuva L1.1 Tyytymättömien osuus [%] laskennallisesti arvioidun keskimääräisen lämpötuntemusarvion (PMV) funktiona (ISO 7730).

PPD laskettiin vertailun vuoksi myös käyttäen koehenkilöiden antamia todellisia keskimääräisiä lämpötuntemusarvioita (AMV):

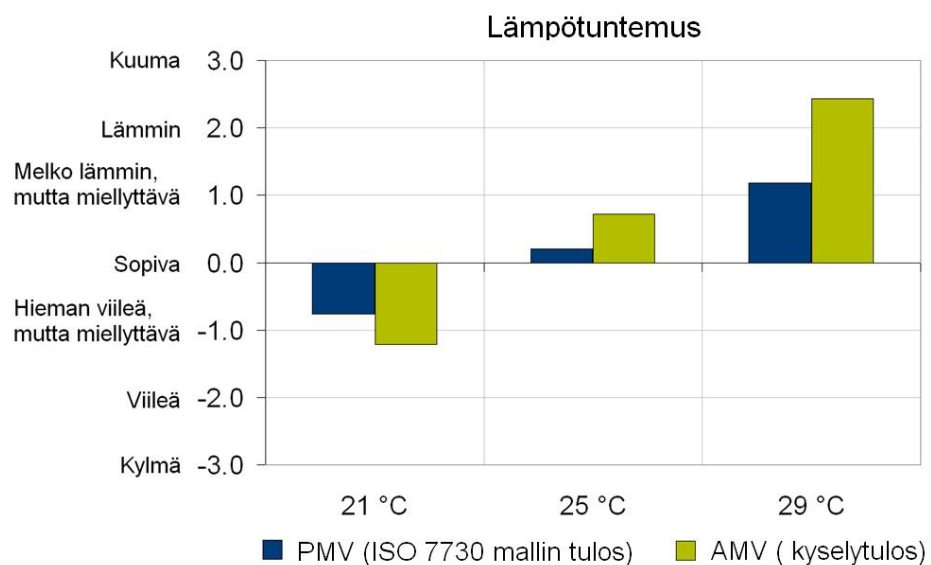
$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot AMV^4 - 0,2179 \cdot AMV^2) \quad (2)$$

Tavoitteena oli vertailla yhtälöiden (1-2) esittämien lämpöviihtyvyyksimallien tuloksia koehenkilötutkimuksesta saatuihin tuloksiin ja arvioida standardin mallin toimivuutta.

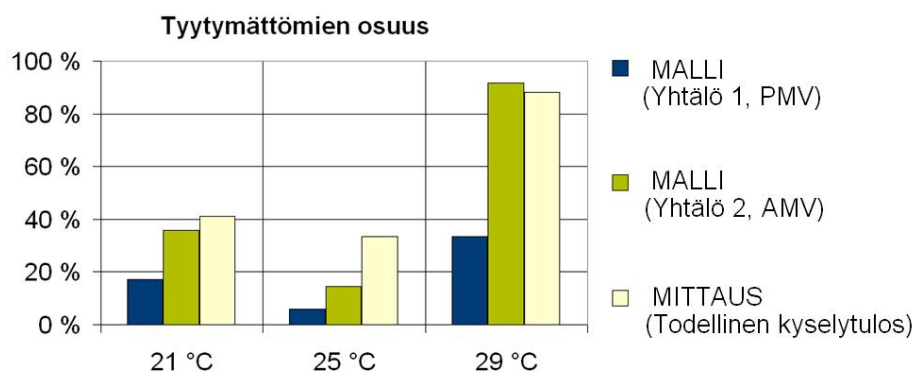
## L1.2. Tulokset

Lämpötilat koettiin lämpöviihtyvyysskyselyn mukaan voimakkaammin kuin PMV-malli ennusti (kuva L1.2). 21 °C koettiin viileämpänä ja 25 °C ja 29 °C koettiin lämpimämpänä kuin PMV -malli ennusti.

Yhtälön (2) malli ennusti hyvin tyytymättömien määrän kun taas yhtälö (1) ei tätä tehnyt (kuva L1.3).



Kuva L1.2 PMV -mallilla lasketun ja kyselystä saadun keskimääräisen lämpötuntemuksen vertailu 7 -portaisessa asteikossa.



Kuva L1.3 Lämpöolosuhteisiin tyytymättömien osuus eri lämpötiloissa eri tavoin määriteltynä.



## L1.3 Pohdinta

PMV -mallista saadut lämpötuntemuksen arvot poikkeavat kyselystä saatujen äänien keskiarvosta (kuva L1.2). Kuvaajien trendi on sama, mutta koehenkilöiden keskimääräinen lämpötuntemus poikkeaa arvosta 0 (sopiva) voimakkaammin kuin PMV malli ennustaa. Varsinkaan kuumassa tilanteessa PMV ei ennusta edustavasti koehenkilöiden lämpötuntemusta.

Kyselytutkimuksessa käytettiin diskreettiä 7-portaista asteikkoa (Liite 2) kun taas standardissa ISO 7730 ohjeistetaan käyttämään jatkuvaa asteikkoa välillä -3...+3 merkitsemällä jänalle lämpötuntemusarvio. Tämä saattoi vaikuttaa havaittuun eroon mallin ja kyselytulosten välillä, koska malli olettaa skaalan olevan jatkuva. Lisäksi tyytyväisyydeksi tulkittavia vaihtoehtoja (-1 ja +1) tarkennettiin lisäämällä ISO 7730 standardin käännökseen tarkennus "mutta miellyttävä".

Mallin ja mittauksen ero voi johtua myös suuresta lämpötilaerosta ulkoilman ja laboratorion välillä. Malli on alun perin kehitetty Keski-Euroopassa eikä Suomen talviolosuhteissa. Tutkimus toteutettiin talvella 2009 lämpötilan ulkona vaihdellessa -25 °C ja 0 °C välillä. Jatkotutkimukset tulisi toteuttaa keväällä tai syksyllä.

Tyytymättömien määrä oli paljon suurempi kuin yhtälön (1) mukaan arvioitiin (kuva L1.3). Sen sijaan yhtälöllä (2) arvioitu tyytymättömien määrä oli hyvin lähellä todellista tyytymättömien määrää koetilanteissa 21 °C ja 29 °C. Koetilanteessa 25 °C oli muutamia henkilöitä, jotka kokivat olosuhteen selvästi kylmempänä tai selvästi kuumempänä kuin keskimäärin koettiin, jolloin AMV:tä ei voitu luotettavasti käyttää laskennan pohjalla.

## L1.4 Johtopäätökset

ISO 7730 standardin mukaiset PMV- ja PPD-mallit eivät toimineet toivotulla tarkkuudella tässä pilottitutkimuksessa. Seuraava tutkimus on tarkoitus tehdä lämpimämpään vuodenaikaan ja käyttämällä jatkuvaa lämpötuntemusasteikkoa, jotta nähtäisiin, onko tässä tehty havainto todellinen.



## LIITE 2. ALKUKYSELY

### ALKUKYSELY

Sinulle esitetään seuraavaksi joukko kysymyksiä. Tehtävänäsi on valita vastausvaihtoehdoista tämänhetkistä kokemustasi parhaiten kuvaava vaihtoehto. Vaikka joidenkin kysymysten osalta tuntuisi, ettei täysin oikeaa vastausvaihtoehtoa löydy, yritä silti vastata kaikkiin kysymyksiin! Kiitos!

Koehenkilönumero \_\_\_\_\_

Ikä \_\_\_\_\_

#### Sukupuoli

- ☐ Nainen  
☐ Mies

#### Koetko, että sinulla on tällä hetkellä

kylmä	viileä	hieman viileä, mutta miellyttävä olo	sopiva	melko lämmin, mutta miellyttävä olo	lämmin	kuuma
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Koetko huoneenlämmön tällä hetkellä miellyttäväksi?

- ☐ Kyllä  
☐ En

#### Hikoiletko tällä hetkellä?

- ☐ Kyllä  
☐ En

#### Haluaisitko huoneenlämmön olevan tällä hetkellä

- ☐ lämpimämpi  
☐ sama kuin nyt  
☐ viileämpi

#### Kuinka hyvin seuraavat kuvailevat termit vastaavat kokemustasi huoneilmasta tällä hetkellä?

	täysin eri mieltä					täysin samaa mieltä
vetoisa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
seisahtunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kuiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kosteaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
raikas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
tunkkainen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Kuinka hyvin seuraavat sanat kuvaavat tämänhetkistä oloasi?

täysin eri mieltä						täysin samaa mieltä
----------------------	--	--	--	--	--	---------------------------

uupunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
raukea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
piittaamaton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unelias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
saamaton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
passiivinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
innoton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
väsähtänyt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
lopenuupunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Onko sinulla tällä hetkellä seuraavia oireita?

	Erittäin paljon	Paljon	Jonkin verran	Vähän	Ei lainkaan
Päänsärky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Väsymys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskittymisvaikeuksia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Silmäoireita (kuivuus, kutina, kirvely tai ärsytys)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nenän kuivuus, ärsytys, tukkoisuus tai vuotaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kurkun kuivuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**KIITOS VASTAUKSESTASI!**

Huom! Kysely loppuu tähän, kun painat LÄHETÄ-painiketta.

## LIITE 3. LOPPUKYSELY

### LOPPUKYSELY2

Koehenkilönumero \_\_\_\_\_

Koetko, että sinulla on

kylmä	viileä	hieman viileä, mutta miellyttävä	sopiva	melko lämmin, mutta miellyttävä	lämmin	kuuma
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Koetko lämpöolosuhteet tällä hetkellä miellyttäväksi?

☐ Kyllä  
☐ En

Hikoilitko kokeen aikana tai hikoiletko tällä hetkellä?

☐ Kyllä  
☐ En

Haluaisitko lämpötilan olevan tällä hetkellä

☐ lämpimämpi  
☐ sama kuin nyt  
☐ viileämpi

Arvioi seuraavia sanoja sen mukaan, miten ne sopivat tämänhetkiseen kokemukseesi huoneen lämpötilasta

	täysin eri mieltä				täysin samaa mieltä
huoneenlämpö on hyväksyttävä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
huoneenlämpö on sopiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
huoneenlämpö on siedettävä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
huoneenlämpö on tyydyttävä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

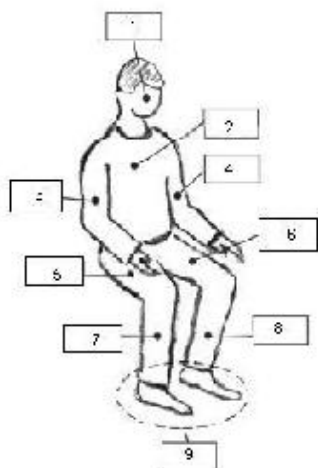
Kuinka hyvin seuraavat sanat vastaavat kokemustasi huoneilmasta tällä hetkellä?

	täysin eri mieltä				täysin samaa mieltä
vetoisa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
seisautunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kuiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kostea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
raikas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
tunkkainen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Arvioi olotilaasi seuraavien kuvailevien sanojen mukaan sen perusteella, miltä sinusta tällä hetkellä tuntuu.

	erittäin paljon	paljon	jonkin verran	vähän	ei lainkaan
uupunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
loppuunkulunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
raukea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
piittaamaton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unelias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
saamaton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
passiivinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
innoton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
väsähtänyt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
lopenuupunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Arvioi tämänhetkisiä lämpötuntemuksiasi kehosi eri osissa



	Kylmä	Villeä	Sopiva	Lämmin	Kuuma
1. Pää	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Keskivartalo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Oikea käsi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Vasen käsi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Oikea reisi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Vasen reisi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Oikea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

sääni

8. Vasen sääni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Jalkaterät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pyrit äsken suorittamaan annetut tehtävät mahdollisimman hyvin. Minkälaisena koit huoneen lämpötilan tehtäviä tehdessäsi?

	täysin eri mieltä				täysin samaa mieltä
Huoneen lämpötila häiritsevä keskitetykseni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Huoneen lämpötila heikensi tehtäväsuorittamistani	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olin kaikenkaikkiaan tyytyväinen huoneenlämpöön	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Esiintyikö sinulla kokeen aikana tai onko sinulla nyt

	erittäin paljon	paljon	jonkin verran	vähän	ei lainkaan
päänsärkyä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
väsymystä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keskitetykseni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
silmäoireita (kuivumista, kutinaa, kirvelyä tai ärsytystä)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nenän kuivumista, ärsytystä, tukkoisuutta tai vuotamista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kurkun kuivuutta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jos sinun pitäisi työskennellä päivittäin samankaltaisten tehtävien parissa ja vastaavanlaisissa olosuhteissa kuin juuri äsken koit...

	täysin eri mieltä				täysin samaa mieltä
voisin työskennellä häiriintymättä pitkiäkin aikoja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
voisin työskennellä tehokkaasti pitkiäkin aikoja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
huoneenlämpö ei ärsyttäisi minua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Häiritsikö jonkin seuraavista tekijöistä sinua suorituksesi aikana?

	Erittäin paljon				Ei lainkaan
Valaistus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Melu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haju	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**KIITOS VASTAUKSESTASI!**

Huom! Kysely loppuu tähän, kun painat LÄHETÄ-painiketta.





## AIKAI SEMPI A ALAN KOTIMAI SIA JULKAI SUJA

Oliva D, Häggblom H, Hongisto V, Sound absorption of multi-layer structures - experimental study, Indoor Environment Laboratory, Turku, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland, 2010.

Saarinen P, Ilmastoinnin virtausäänien laskenta, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 37, Työterveyslaitos, Helsinki, 2009.

Hongisto V, Häggblom H (toim.), Toimistojen mallinnettu ja koettu sisäympäristö - MAKSI hankkeen loppuraportti, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 37, Työterveyslaitos, Helsinki, 2009.

Hongisto V, Keränen J, Larm P, Oliva D, Työtilan ääniympäristön havainnollistaminen - Virtual Space 4D ääniympäristöosion loppuraportti, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 23, Työterveyslaitos, Helsinki, 2006.

Larm P, Hakala J, Hongisto V, Sound insulation of Finnish building boards, Work Environment Research Report Series 22, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland, 2006.

Niemelä R (toim.), Ekrias A, Halonen L, Hongisto V, Koskela H, Lehtovaara J, Niemelä R, Norvasuo M, Sandberg E, Tuomaala P, Viitaniemi J, Sisäympäristön mallintaminen ja havainnollistaminen - Virtual Space 4D Loppuraportti, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 20, Työterveyslaitos, Helsinki, 2006.

Hautalampi T, Henriks-Eckerman M-L, Engström K, Koskela H, Saarinen P, Välimaa J, Kemikaalialtistumisen rajoittaminen automaalaamoissa, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 18, Työterveyslaitos, Helsinki, 2006.

Kaarlela A, Jokitulppo J, Helenius R, Keskinen E, Hongisto V, Meluhaitat toimistotyössä - pilottitutkimus, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 9, Työterveyslaitos, Helsinki, 2004.

Larm P, Keränen J, Helenius R, Hakala J, Hongisto V, Avotoimistojen akustiikka - laboratoriotutkimus, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 6, Työterveyslaitos, 2004.

Kaarlela A, Jokitulppo J, Keskinen E, Hongisto V, Toimistojen ääniympäristökysely - menetelmän kehitys, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 4, Työterveyslaitos, 2003.

Hongisto V, Monikerroksisen seinärakenteen ääneneristävyyden laskentamalli, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 2, Työterveyslaitos, 2003.

Hongisto V, Helenius R, Lindgren M, Kaksinkertaisen seinärakenteen ääneneristävyys - laboratoriotutkimus, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 1, Työterveyslaitos, Helsinki, 2002.